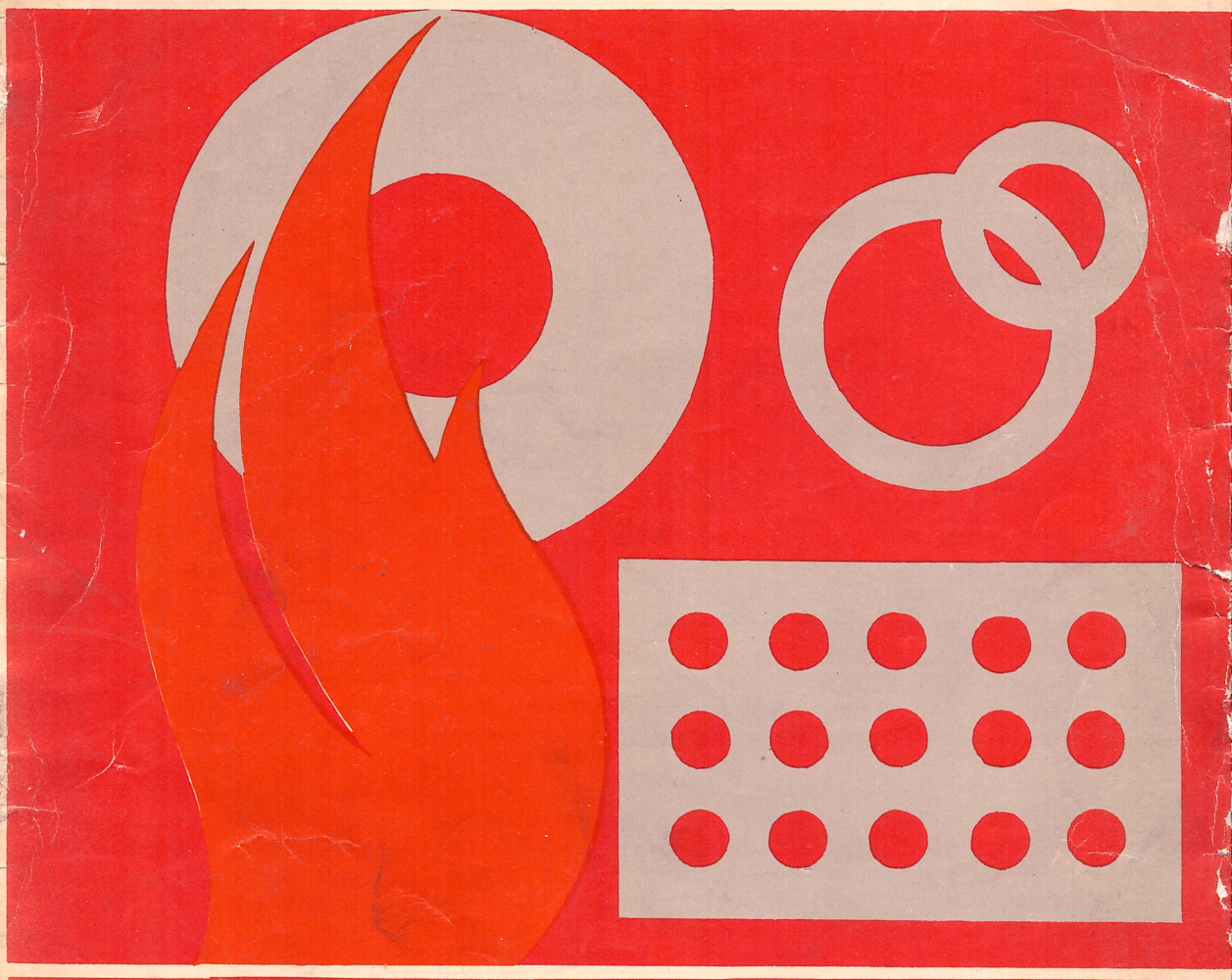
есс-форм горячего
оэлектронной про-
термопар, тиглей
х солей и цветных
ой и ортофосфор-

ЧМ СССР Киев-

ых методом реак-
70 и 250009.

увардина. Художник
ктор Л. А. Дикарев.
о 17. X. 1973 г. Под-
к. 2398. Тираж 3000.

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ



ОГНЕУПОРНЫЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ КАРБИДОКРЕМНИЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ МЕТОДОМ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ

Для различных агрегатов, используемых в черной и цветной металлургии, металлообработке, целлюлозно-бумажной промышленности и других отраслях народного хозяйства необходимо применение материалов, обладающих высокой термической стойкостью, механической прочностью, тепло- и электропроводностью, химической устойчивостью, износостойкостью.

Этими качествами обладают малопористые и беспористые материалы на основе карбида кремния, получаемые методом реакционного спекания. В этих материалах в максимальной степени реализуется комплекс физических свойств, присущий карбиду кремния.

В результате реакционного спекания в материале формируется непрерывный карбидокремниевый каркас, в котором диспергированы включения кремниевой фазы. Такая структура обеспечивает высокие физико-механические свойства материала. Используя метод реакционного спекания, можно в широких пределах управлять структурой материала, изменяя размер кристаллитов карбида кремния, содержание свободных кремния и углерода. Тем самым возможно направленное изменение механических свойств, термостойкости, электропроводности.

В качестве исходных материалов, необходимых для получения изделий из монолитного поликристаллического карбида кремния (МПК) методом реакционного спекания, используются следующие материалы:

кремний кристаллический КРО или КР-1 ГОСТ 2169—69 (при производстве огнеупорных изделий кремний может быть заменен ферросилицием ФС-90 ГОСТ 1415—70);

карбид кремния зеленый КЗ ГОСТ 3647—71;

нефтекокс КН ГОСТ 3278—62.

Сущность технол
стые заготовки,
ного кокса, подве
температуре 1850
коксом, образуя
прерывный карбид
Последовательнос
представлена на

НЕФТЕКОКС

ПРОКАЛИВАН

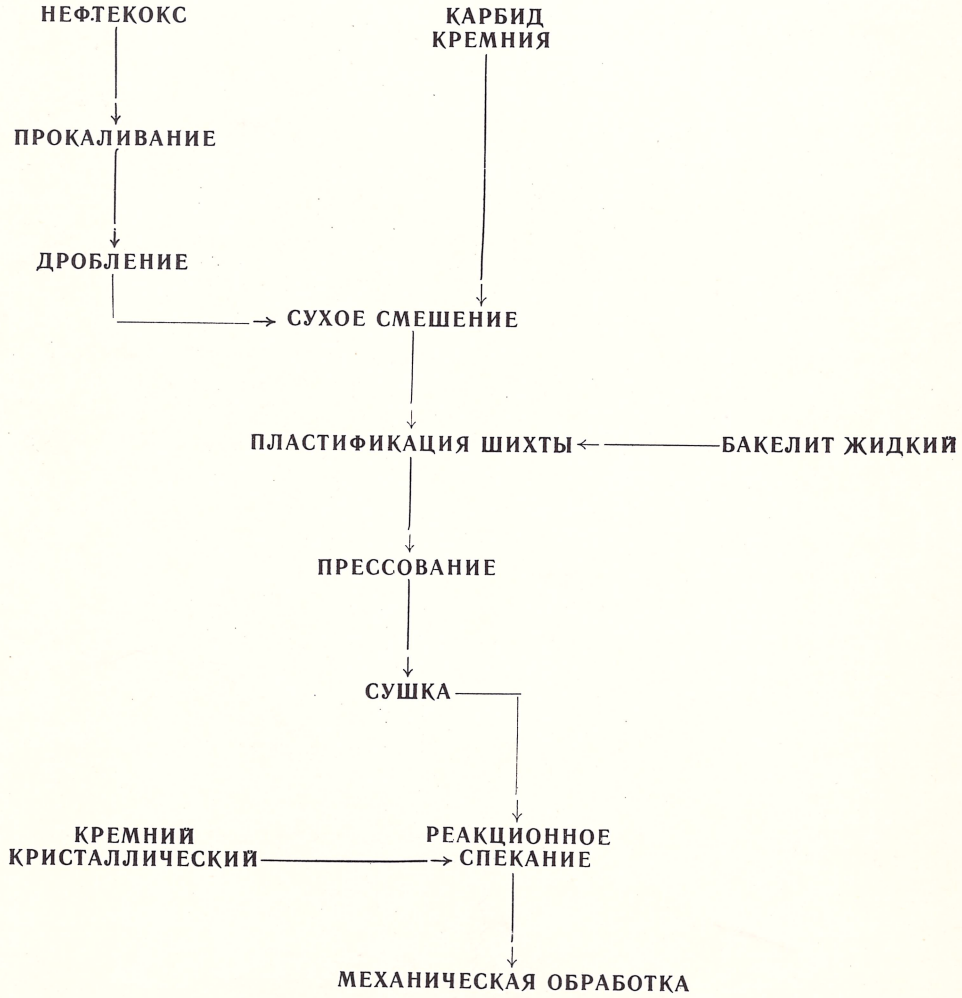
ДРОБЛЕНИЕ

КРЕМНИ
КРИСТАЛЛИЧ

Сущность технологического процесса получения МПК заключается в том, что пористые заготовки, прессованные из смеси порошкообразного карбида кремния и нефтяного кокса, подвергаются в индукционной печи пропитке расплавленным кремнием при температуре 1850—2000°С. При этом жидкий кремний взаимодействует с нефтяным коксом, образуя вторичный карбид кремния, цементирующий зерна первичного SiC в непрерывный карбидный каркас.

Последовательность технологического процесса при производстве изделий из МПК представлена на схеме:

СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МПК



Существующее промыш
700 *мм* и весом до 50 *к*
Благодаря физическим
кремния получил широ
радиоэлектронной, цел
нии. С каждым годом о
В настоящее время вн
следующие изделия из

Свойства карбида	монол
Удельный вес, *г/см*³	
Химический состав, %	
Пористость общая, %	
Теплопроводность, *вт/м*	
Теплоемкость, *кал/г*	
Коэффициент термическ расширения, *град*⁻¹	
Коэффициент излучения	
Электрическое сопротивл	
Работа выхода электрон	
Предел прочности при из	

в том, что пори-
кремния и нефтя-
ным кремнием при
ствует с нефтяным
овичного SiC в не-

изделий из МПК

АКЕЛИТ ЖИДКИЙ

Существующее промышленное оборудование позволяет получать изделия размером до 700 *мм* и весом до 50 *кг*.

Благодаря физическим свойствам (см. табл.) монолитный поликристаллический карбид кремния получил широкое применение в черной и цветной металлургии, химической, радиоэлектронной, целлюлозно-бумажной промышленностях, энергетике, машиностроении. С каждым годом область применения МПК непрерывно расширяется.

В настоящее время внедрены или прошли успешную проверку в заводских условиях следующие изделия из МПК:

Таблица

Основные физические свойства монолитного поликристаллического карбида кремния

Свойства карбида кремния	Температура, °С	Величина	Примечание
Удельный вес, *г/см*^{3}		3,0÷3,1	
Химический состав, %	—	SiC = 92÷94 Si$_{св}$ = 6÷7 C$_{св}$ ⩽ 0,5	
Пористость общая, %	—	0,5÷3,0	
Теплопроводность, *вт/м град*	200 1400	81,0 34,0	
Теплоемкость, *кал/г*	20	0,16÷0,20	
Коэффициент термического расширения, *град*$^{-1}$	100 1100	$2{,}0 \cdot 10^{-6}$ $3{,}6 \cdot 10^{-6}$	
Коэффициент излучения	1320 2100 2450	0,857 0,644 0,610	При длине волны 0, 65 *мкм*
Электрическое сопротивление, *ом·см*	20 1000	0,1—0,40 0,03—0,05	
Работа выхода электронов, *эв*	20 1000	4,40 4,55	Определялась методами термоэмиссии и контактной разности потенциала
Предел прочности при изгибе, *кг/мм*^{2}	20 1200	17÷20 17÷20	

Продолжение табл.

Свойства карбида кремния	Температура, °С	Величина	Примечание
Предел прочности при сжатии, *кг/мм*	20 1000	100÷150 80÷100	
Твердость по Виккерсу, *кг/мм²*	20	2800÷3200	
Модуль упругости, *кг/мм²*	20	$(3,8 \div 4.0) \cdot 10^4$	
Ударная вязкость, *кгм/см²*	20	0,4	
Коэффициент трения в вакууме	20 1800	0,60 0,23	Определялся на паре SiC—SiC
Максимальная температура длительной эксплуатации, °С	—	1600—1650 1800—1900 2000—2100	На воздухе В вакууме В инертном газе

В черной металлургии — секции желобов электронагревательных колодцев (ЭНК) для безокислительного нагрева слитков металла перед их прокаткой. Желоба являются емкостями для криптола, которые должны удовлетворять требованиям высокой теплопроводности, химической стойкости в контакте с нефтяным коксом при температурах до 1600°С и слабоокислительной газовой средой внутри колодца при температурах 1350°С и выше. Высокая теплопроводность МПК позволяет получать необходимую температуру в ЭНК при температурах внутри коксовой засыпки и на внутренней стенке желобов на 200—300°С более низких, чем у применяемых в настоящее время желобов на алюмосиликатной связке.

Высокая теплопроводность, огнеупорность и удовлетворительная шлакоустойчивость к слабоосновным и кислым шлакам МПК может быть использована для изготовления теплообменников непрерывного действия.

Изделия из МПК применяются также в качестве бандажных колец сталепроволочно-прокатных станов взамен колец из инструментальных сплавов с добавками вольфрама и других дефицитных металлов.

В цветной металлургии — огнеупорный кирпич из МПК — используется в печах кипящего слоя для обжига ртутных руд.

В целлюлозно-бумажной промышленности — высокая стойкость МПК против абразивного износа позволила применять его в качестве перфорированных пластин для отсасывающих ящиков бумагоделательных машин, а также в качестве мелящих тел (ножей) гарнитуры дисковых мельниц для размола бумажной массы.

Материал МПК м
прессования ферри
мышленности, в к
и емкостей, работа
металлов, а также
ной).
Изделия из МПК
ской обл., г. Брова
Технология и ре
ционного спекания

© *Институт пробле*
В. И. Гармаш. Худ
Корректор Т. И. Ко
писано в печать 5.1
Бесплатно. Киевская

Материал МПК можно рекомендовать также для изготовления пресс-форм горячего прессования ферритов, для металлопроводов, муфелей для печей радиоэлектронной промышленности, в качестве электродов МГД-генераторов, чехлов для термопар, тиглей и емкостей, работающих в контакте с расплавами щелочно-галоидных солей и цветных металлов, а также растворами большинства кислот (кроме плавиковой и ортофосфорной).

Изделия из МПК выпускает Броварской завод черной металлургии МЧМ СССР Киевской обл., г. Бровары.

Технология и рецептура карбидокремниевых материалов, получаемых методом реакционного спекания защищена авторскими свидетельствами №№ 176070 и 250009.

© *Институт проблем материаловедения АН УССР, 1974 г. Редактор С. П. Кувардина. Художник В. И. Гармаш. Художественный редактор П. М. Пацалюк. Технический редактор Л. А. Дикарев. Корректор Т. И. Коркач. Издательство «Реклама», Киев — 1974. Сдано в набор 17. X. 1973 г. Подписано в печать 5.II. 1974 г. БФ 17413. Усл. печ. л. 0,438. Изд. № 4807. Зак. 2398. Тираж 3000. Бесплатно. Киевская фабрика печатной рекламы.*

ОГНЕУ
КАРБ
ПОЛУЧ
РЕАКЦ